

doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.21

## РЕКОНСТРУКЦИЯ УПЛОТНЕНИЙ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ПРИСОСОВ ВОЗДУХА

**Ключевые слова:** регенеративные воздухоподогреватели, зазоры, система уплотнений, перетоки воздуха, регулирование.

## IMPROVING THE SEALS OF AIR HEATERS TO REDUCE THE AIR INFLOW

**Key words:** regenerative air heaters, clearances, seal system, air overflows and the control.

ми, предназначенными предотвращать присосы и перетоки воздуха в газовый тракт.

Воздухоподогреватели оснащены окружными, радиальными и центральными уплотнения-

Известны попытки улучшения работы подобных уплотнений путем замены чугунных уплотнительных колодок графитовыми. Это решение также оказалось неэффективным, т.к. значительные линейные скорости ротора приводят к интенсивному абразивному износу графита и к необходимости частой замены уплотнительных элементов.

Существующая конструкция уплотнений не имеет возможность эффективно учитывать сложную тепловую деформацию ротора. Целью работы является разработка технических решений по модернизации регенеративного воздухоподогревателя РВП-68 для достижения надежности и увеличения эффективности при работе на котлоагрегате ТГМ-96Б.

Реконструкция РВП-68 осуществляется путем модернизации системы его уплотнений на базе современных технических решений, внедрения в конструкцию воздухоподогревателей новых перспективных отечественных и зарубежных разрабо-

© Т. Н. Пугачева, 2016

ток, а также оптимизации режима эксплуатации воздухоподогревателя.

Внедрение данных мероприятий позволит снизить присосы воздуха с существующих 40 % до гарантированных 15 %, снять ограничения по тяге и дутью, повысить температуру горячего воздуха (при замене набивки на новую, интенсифицированную).

### Материал и результаты исследований

Для повышения эффективности работы РВП уплотнения оснащаются системой перемещения уплотнительных рам с ручными приводами. Такая система уплотнений позволит поддерживать заданные минимальные зазоры в уплотнениях порядка 2–3 мм.

Установка такой системы позволяет обойтись без частых перенастроек и регулировок уплотнений.

При необходимости, система уплотнений может быть дополнена электроприводами устройств перемещения.

Модернизации подлежат окружные, секторные, радиальные и центральные уплотнения, ротор, корпус РВП, верхняя и нижняя крышки корпуса РВП.

Корпус РВП состоит из восьми секций и двух крышек. Соединение секций между собой и с крышками осуществляется с помощью болтов. Четыре секции корпуса выполнены более жесткими, являются несущими элементами РВП и устанавливаются на специальные опоры. На верхней крышке установлена опорная рама верхней подшипниковой опоры. Крышки изготовлены из двух половин с патрубками, которые присоединяются с помощью компенсаторов к газовым и воздушным коробам котла. Подвод воздуха к РВП осуществляется снизу, а дымовых газов сверху.

Ротор состоит из цилиндрической обечайки с массивными фланцами на торцах, ступицы, радиальных перегородок, разделяющих ротор на 24 сектора. В сектора укладываются пакеты с поверхностью нагрева в три слоя по высоте ротора. Ротор снабжен пустотелым валом, проходящим внутри ступицы. Верхняя опора ротора снабжена радиальным сферическим подшипником, нижняя опора расположена внизу на железобетонной тумбе и имеет сферический упорно-радиальный подшипник.

Цевочный привод воздухоподогревателя состоит из одноступенчатого редуктора, электродвигателя и шестерни. Цевочное колесо крепится в средней части ротора.

Согласно проекту реконструкции, на верхней и нижней крышке корпуса РВП устанавливаются специальные уплотнительные рамы (стальные с чугунными плитами). Рамы образуют два

раздельных замкнутых контура – в воздушном и газовом каналах воздухоподогревателя.

Уплотнительные рамы, посредством блоков стальных линзовых компенсаторов, связаны с газовыми и воздушными патрубками крышек РВП. Наличие линзовых компенсаторов позволяет упруго деформировать уплотнительные рамы и приближать их к радиальным уплотнениям и фланцам ротора, с учетом его тепловых деформаций.

Для центровки положения уплотнительных рам относительно крышек РВП устанавливаются центрирующие устройства, а для предохранения рам от сдвига при задевании вращающегося ротора об элементы уплотнения устанавливаются фиксирующие устройства.

На уровне плоскости верхнего и нижнего фланцев ротора, для визуального наблюдения за функционированием системы уплотнений, в корпусе РВП устанавливаются гляделки со смотровыми стеклами.

Для управления величиной зазора между верхней уплотнительной рамой с одной стороны, и верхним фланцем и радиальным уплотнением ротора с другой стороны, должна быть разработана система управления электроприводами перемещения верхнего уплотнения воздухоподогревателя РВП-68Г и выполнена установка электрических исполнительных механизмов.

РВП необходимо оснастить электромеханическими приводами перемещения верхней уплотнительной рамы и температурным датчиком, контролирующим температуру уходящих газов перед воздухоподогревателем, сигнал от которого поступает на блочный щит управления (БЩУ) энергоблока. При достижении температуры газов величины 250 °С электромеханические привода приводятся в действие оперативным персоналом с БЩУ энергоблока. Данная температура получена в результате расчетов, выполненных на основании данных по эксплуатации РВП.

Управление величиной зазора между уплотнительными рамами и ротором осуществляется устройствами перемещения, которые устанавливаются на верхнюю и нижнюю крышки корпуса. На нижнюю крышку корпуса устанавливаются только ручные устройства перемещения (в количестве 19 штук).

На верхнюю крышку корпуса устанавливаются устройства перемещения уплотнительной рамы, как ручные (8 шт.), так и с электроприводом (11 шт.). Ручные приводы установлены в центральной части уплотнительных секторов, разделяющих газовую и воздушную части воздухоподогревателя, а с электроприводом – на периферии.

Для окружной части верхней уплотнительной рамы необходимо установить семь устройств перемещения с электроприводом типа I, для секторной части верхней уплотнительной рамы, на периферии, необходимо установить четыре

устройства перемещения с электроприводом типа 2 (табл. 1).

Таблица 1 – Общие характеристики приводов

Наименование	Привод тип 1	Привод тип 2
Характер движения штока	Линейный	
Тип действия привода	Двухсторонний	
Расположение штока	Вертикальное	
Усилие штока, Н	8700	21500
Привод	Электрический	
Максимальный ход штока, мм	40	40
Температура окружающей среды, °C:		
минимальная	-25	-25
максимальная	+55	+55
Количество на один воздухоподогреватель РВП-68, штук	7	4

Для секторной части верхней уплотнительной рамы, на периферии, необходимо установить четыре устройства перемещения с электроприводом типа 2.

Устройства перемещения окружной части верхней уплотнительной рамы – устанавливаются в специальные ниши на верхней крышке корпуса с электроприводом типа 1 (рис. 1). Устройства перемещения секторной части верхней уплотнитель-

ной рамы устанавливаются на периферии с электроприводом типа 2 (рис. 2).

В устройстве перемещения установлен шток, который одним концом крепится к бонке на уплотнительной раме монтажной сваркой. Другим концом шток через соединительную муфту крепится к толкателю электрического исполнительного механизма. Электропривод устанавливается и крепится на верхней плите устройства перемещения.

При включении электропривода, под воздействием толкателей, верхняя уплотнительная рама перемещается вверх или вниз, относительно верхнего торца вращающегося ротора.

Для закрепления штока на уплотнительной раме и для наблюдения за установкой уплотнительной рамы относительно ротора с зазором  $\gamma_1 = 1-2$  мм на монтаже, а также для технического обслуживания на верхней крышке корпуса воздухоподогревателя в районе секторной части верхней уплотнительной рамы предусмотрена установка четырех заглушек (рис. 3).

Система регулирования зазоров в уплотнениях воздухоподогревателя РВП-68г, при его работе в основном режиме, должна обеспечивать синхронное вертикальное перемещение приводами краев верхней уплотнительной рамы в 11 точках по её периметру, включая 4 точки – в секторной части (согласно рис. 4).

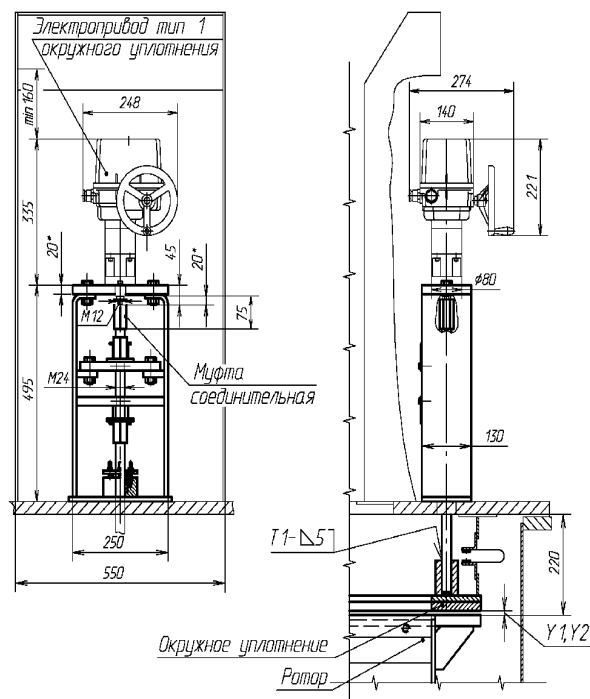


Рис. 1 – Привод тип 1 окружного уплотнения

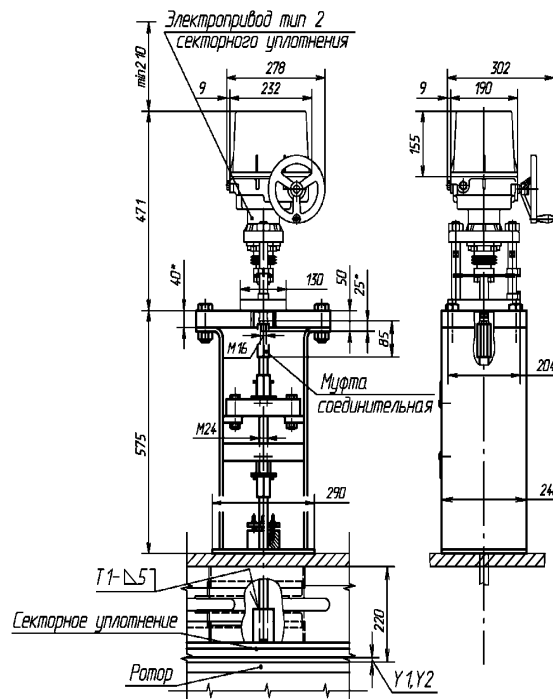


Рис. 2 – Привод тип 2 секторного уплотнения

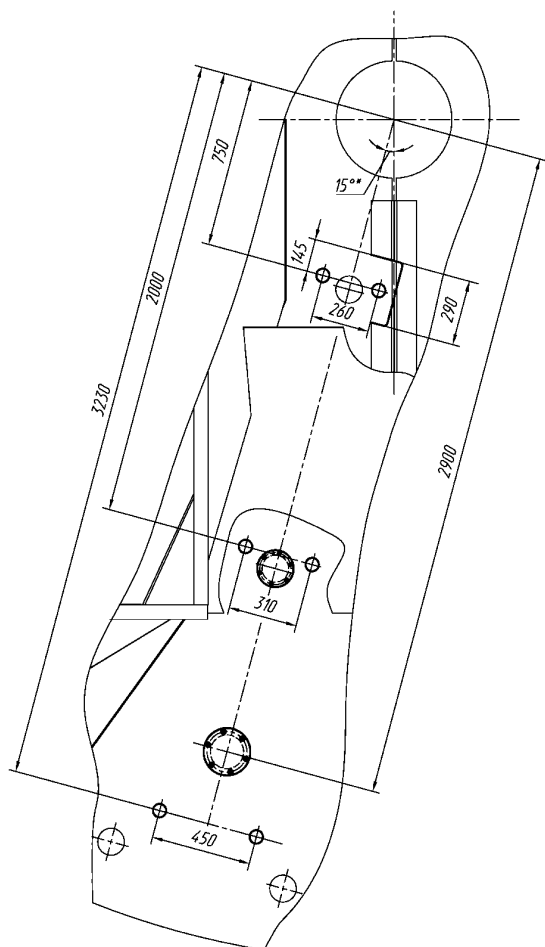


Рис. 3 – Установка заглушек в районе секторной части уплотнительной рамы

Система регулирования зазоров должна функционировать в непрерывном круглосуточном режиме и обеспечивать выполнение следующих основных функций:

- измерение значения температуры уходящих газов на входе в РВП-68г, и при достижении при растопке значения температуры 250 °С, формирование сигналов о необходимости включения приводов исполнительных механизмов для перевода их выходных штоков из крайних верхних положений в крайние нижние, с целью опускания рамы уплотнения и обеспечения рабочего зазора между чугунными пластинами уплотнений и фланцем ротора (крайние положения определяются при наладке системы);

- при останове котла и снижении температуры газов ниже 250 °С, выполняется формирование сигналов о необходимости включения приводов исполнительных механизмов для перевода их выходных штоков из крайнего нижнего положения в крайнее верхнее, с целью отвода рамы уплотнения в исходное положение;

- обеспечение возможности дистанционного управления исполнительными механизмами, а

также местного ручного управления для ручной установки требуемых зазоров или отвода рамы уплотнения от ротора в исходное положение;

- отображение параметров технологического процесса РВП (положения штоков исполнительных механизмов, температуры);

- сигнализацию звуковую и световую при возникновении нештатных ситуаций.

Система должна обеспечивать:

- перемещение края рамы уплотнения в точках по её периметру в пределах 0...30 мм вверх от исходного положения (для обеспечения возможности проведения ремонтных работ) и 0...10 мм вниз от исходного положения;

- возможность установки крайних нижнего и верхнего положений штоков с точностью до  $\pm 1$  мм.

Исполнительные механизмы должны быть оснащены блоками конечных выключателей для обеспечения возможности задавать крайние положения толкателей. Исполнительные механизмы монтируются на металлических элементах конструкции воздухоподогревателя с помощью дополнительно изготовленных установочных деталей.

Панель оператора должна выполнять функции по отображению температуры уходящих газов, положений штоков и обеспечивать ручное дистанционное включение механизмов.

Блок управления приводами, источники вторичного питания должны размещаться в металлическом электротехническом шкафу напольного или настенного варианта установки и степенью защиты от воздействия внешней среды не хуже IP54 по ГОСТ 14254-96. Панель оператора должна размещаться на передней двери шкафа под защитной остеклённой крышкой, запираемой на замок. Питание электронной аппаратуры системы осуществляется от надёжного стационарного источника питания.

После наладки, при последующих пусках котла, электроприводы включаются после прогрева ротора и корпуса РВП-68. При достижении температуры горячих газов на входе в воздухоподогреватель 250 °С оператор на БЩУ включает электроприводы, которые синхронно перемещают штоки уплотнительной рамы вниз до достижения крайнего нижнего положения, на котором срабатывают концевые выключатели, и электроприводы отключаются.

При поступлении сигнала от датчика температуры, о снижении температуры горячих газов на входе в воздухоподогреватель ниже 250 °С, оператор на БЩУ включает электроприводы, которые синхронно перемещают штоки уплотнительной рамы вверх до достижения крайнего верхнего положения, на котором срабатывают концевые выключатели, и электроприводы отключаются.

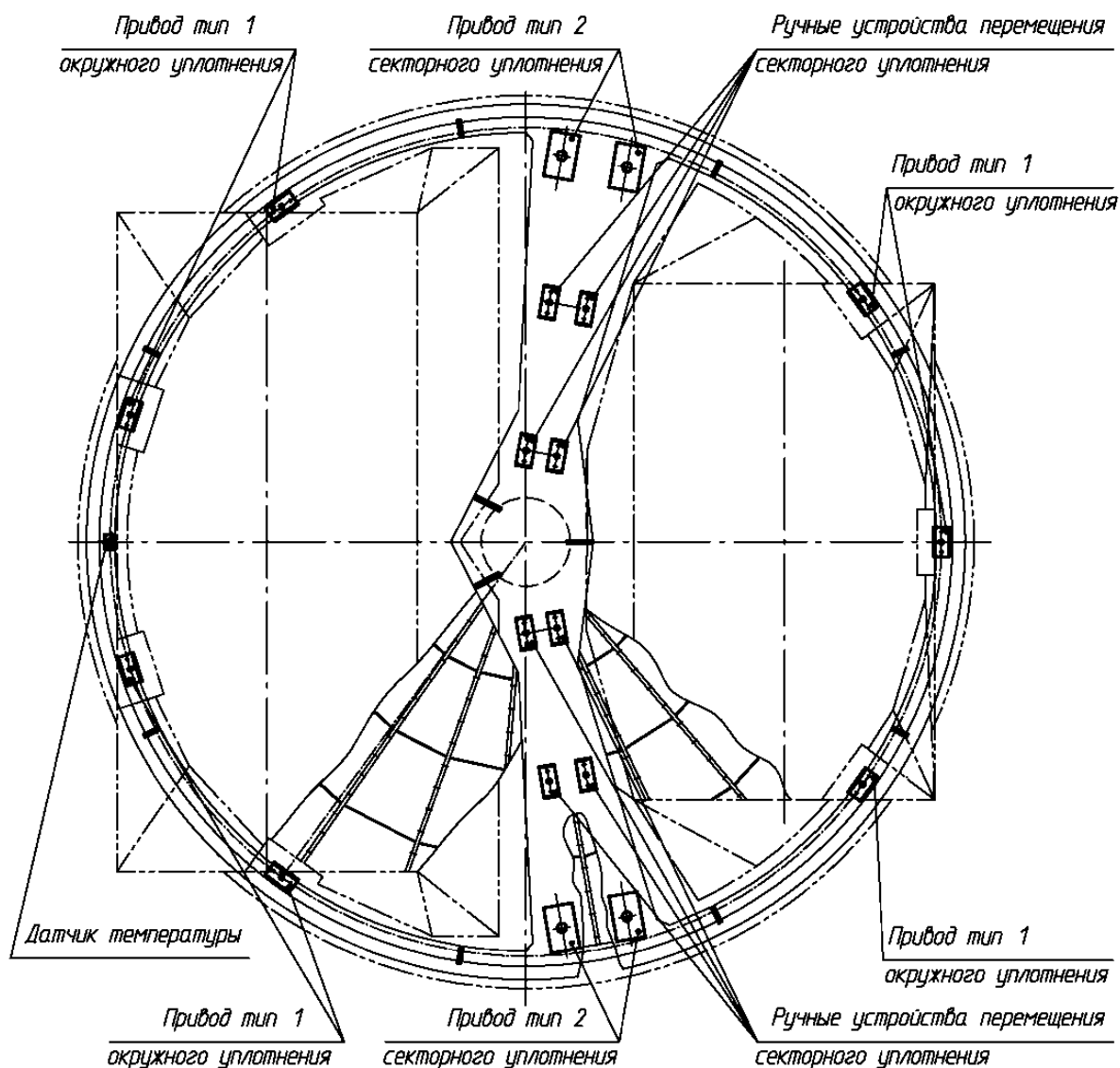


Рис. 4 – Схема установки датчика температуры и приводов верхнего уплотнения РВП-68г

### Выводы

Внедрение реконструктивных мероприятий для снижения присосов и перетоков воздуха обеспечивает:

- повышение экономичности с увеличением КПД котла на 0,6 %;
- уменьшение расхода топлива;
- уменьшение расхода электроэнергии на привод тягодутьевых машин;
- надежное обеспечение котлов тягой и дутьем при нагрузках, близких к номинальной;
- стабильные эксплуатационные характеристики воздухоподогревателя;
- сокращение ремонтных затрат на поддержание газоплотности воздухоподогревателя.

Для газомазутного котлоагрегата ТГМ-314 оснащенного четырьмя РВП-68, с продолжитель-

ностью работы энергоблока 5090 часов в год и среднегодовой нагрузке 683 т/ч, после реконструкции уплотнений, экономия природного газа составит порядка 980 тыс. м<sup>3</sup>. При этом суммарная экономия, с учетом уменьшения потребляемой мощности на тягу и дутьё энергоблока, составит порядка 390 тыс. долл. США в год. Реальный срок окупаемости вложенных финансовых средств от 2-х до 3-х лет, с учетом всех затрат в зависимости от вида, состава и состояния оборудования.

### Список литературы

- 1 Внуков, А. К. Надежность и экономичность котлов для газа и мазута [Текст] / А. К. Внуков. – М., Ленинград : Энергия, 1966. – 368 с.
- 2 Магадеев, В. Ш. Воздухоподогреватели паровых котлов [Текст] / В. Ш. Магадеев. – Энергоатомиздат, 1996. – 144 с.

- 3 **Шастин, В. Н.** Справочник по ремонту котлов и вспомогательного котельного оборудования [Текст] / **В. Н. Шастин**. – М. : Энергоиздат, 1981. – 496 с.
- 4 **Трухний, А. Д.** Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки [Текст] / **А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин**. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 540 с.
- 5 **Кириллов, И. И.** Паровые турбины и паротурбинные установки [Текст] / **И. И. Кириллов, В. А. Иванов**. – Ленинград : Машиностроение, 1978. – 276 с.
- 6 **Мейкляр, М. В.** Современные котельные агрегаты ТКЗ [Текст] / **М. В. Мейкляр**. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1978. – 223 с.
- boilers for gas and oil], Jenergija, Moscow, Leningrad, Russia.
- 2 **Magadeev, V. Sh.** (1996), *Vozduhopodogrevateli parovyh kotlov* [Air heaters, boilers], Jenergoatomizdat, Moscow, Russia.
- 3 **Shastin, V. N.** (1981), *Spravochnik po remontu kotlov i vspomogatel'nogo kotel'nogo oborudovanija* [Manual repair of boilers and auxiliary boiler equipment], Jenergoatomizdat, Moscow, Russia.
- 4 **Truhnij, A. D. and Lomakin, B. V.** (2002), *Teplofikacionnye parovye turbiny i turboustankovki* [Heat and steam turbines and turbine], Izdatel'stvo MEl, Moscow, Russia.
- 5 **Kirillov, I. I. and Ivanov, V. A.** (1978), *Parovye turbiny i paroturbinnye ustanovki* [Steam turbine and steam turbine installation], Mashinostroenie, Leningrad, Russia.
- 6 **Mejkljar, M. V.** (1978), *Sovremennye kotel'nye agregaty TKZ* [Modern boiler units TDF], 3th. ed., Jenergija, Moscow, Russia.

#### Bibliography (transliterated)

- 1 **Vnukov, A. K.** (1966), *Nadezhnost' i jekonomichnost' kotlov dlja gaza i mazuta* [Reliability and efficiency
- 6 **Mejkljar, M. V.** (1978), *Sovremennye kotel'nye agregaty TKZ* [Modern boiler units TDF], 3th. ed., Jenergija, Moscow, Russia.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Пугачева Татьяна Николаевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплотехники и энергоэффективных технологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина; e-mail: tatpach@mail.ru.

**Pugachova Tetiana Nikolaevna** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Department of Thermal Engineering and Energy Efficient Technologies, National of Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine. Проверьте сведения

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

**Пугачева, Т. Н.** Реконструкция уплотнений воздухоподогревателей с целью уменьшения присосов воздуха [Текст] / **Т. Н. Пугачева** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 9(1181). – С. 141–146. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.21.

Please cite this article as:

**Pugachova, T. N.** (2016), "Improving the Seals of Air Heaters to Reduce the Air Inflow", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 9(1181), pp. 141–146, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.21

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

**Пугачова, Т. М.** Реконструкція ущільнення підігрівачів повітря з метою зменшення присосів повітря [Текст] / **Т. М. Пугачова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 9(1181). – С. 141–146. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.09.21.

**АНОТАЦІЯ** Розглянуто питання системи регулювання зазорів в ущільненнях регенеративних підігрівачів повітря. Існуюча конструкція ущільнень неефективна через неможливість достатньої регулювання і підтримки необхідних робочих зазорів в ущільненнях. Установка нової, інноваційної системи ущільнень дозволяє знизити присоси повітря до рівня (12–15) %, і як наслідок підвищення економічності котла, зниження витрат електроенергії на власні потреби, забезпечення стабільної характеристики підігрівача, підвищення надійності і довговічності його елементів.

**Ключові слова:** регенеративні підігрівачі повітря, зазори, система ущільнень, перетоки повітря, регулювання.

Поступила (received) 02.01.2016